

基于渗流-应力耦合分析的野鸡尾尾矿坝稳定性研究^{*}

周舒威¹, 李庶林¹, 李青石¹, 陈际经

(1. 厦门大学建筑与土木工程学院, 福建 厦门 361005;

湖南柿竹园有色金属有限责任公司, 湖南 郴州 4 3037)

摘要: 基于渗流场与应力场耦合机理, 对柿竹园野鸡尾尾矿坝进行稳定性研究。研究渗流-应力的耦合效应, 提出了渗流-应力耦合以及渗流体积力计算的实施方案; 建立二维的有限元渗流-应力耦合计算模型, 分析了考虑耦合效应时的尾矿坝渗流场、位移场、应力场; 最终分析了不同耦合关系对于渗流量、位移场、等效渗透集中力以及应力场的影响。研究结果表明: 当前水力条件下, 尾矿坝稳定性良好; 尾矿坝主要受水平渗透力作用, 初期坝坝顶、坝脚以及坝底等处应力集中; 尾矿坝的渗流-应力作用不容忽视, 不同的耦合关系对于 x 方向位移、渗透力的预测影响巨大; 考虑渗流-应力耦合关系得到的主应力、剪应力以及竖向位移, 比不考虑耦合效应时大。

关键词: 尾矿坝; 渗流-应力耦合分析; 有限元计算模型

中图分类号: TD853 **文献标识码:** A **文章编号:** 167-13(01)04-0494-08

引言

目前, 有限元方法以其独特的优势, 已经在岩土工程的稳定性分析方面得到了广泛的应用。特别是针对与地下水有关的渗流稳定性问题, 由于有限元法能够适应复杂的边界条件, 并且能够考虑渗透系数的各向异性, 适用于稳定流以及非稳定流的计算, 因而大型工程往往都采用有限元方法来进行分析计算。

在天然状态下, 由于渗流与岩土体孔隙空间相关联, 渗流场与应力场相互作用、相互影响, 势必存在着耦合关系。但是在计算和研究过程中, 往往没有考虑到渗流场与应力场的耦合作用^[1]。

近年来, 已有许多学者在渗流稳定性问题的计算中, 引进了渗流场与应力场的关系, 并在岩土工程的各个领域均取得了一系列进展, 渗流-耦合问题已成了研究的热点问题。例如, 李筱艳^[2]、纪佑军等^[3]采用渗流-应力耦合分析, 求解基坑的渗流场以及位移场; 谢兼量^[4]进行渗流应力耦合条件下的海堤边坡稳定性研究; 贾善坡等^[5]进行了泥岩隧道施工过程中, 渗流场与应力场完全耦合的损伤模型研究; 张巍等^[6]对大型地下洞室群围岩进行了应力-损伤-渗流的耦合分析; 张媛媛等^[7-9]在土坝的渗流场与应力

场的耦合应用方面的研究获得了进展。

而对于尾矿坝工程, 尾矿坝是尾矿经水力冲填沉积、逐年加高而形成的, 尾矿坝土体则是典型的颗粒堆积多孔介质, 同时由于尾矿放矿水的影响, 坝体内各填筑材料的沉积时间以及各部位的密实度、固结度、应力场差异较大, 因而尾矿坝各部位的渗透系数随坝体应力的变化而不同^[10]。所以, 考虑尾矿坝应力场与渗流场的耦合并进行尾矿坝的稳定性研究, 对尾矿坝工程具有非常重要的意义。

目前, 岩土工作者们也在尾矿坝的稳定性研究中开展了渗流-应力耦合分析的工作, 并且取得不少成果。柳厚祥等(文献[10])考虑了应力场与渗流场的耦合作用, 对尾矿坝进行非稳定渗流分析; 王强等^[11]分析了金山店锡冶山尾矿坝的渗流-应力耦合特性, 得到了浸润线等重要指标; 杨永恒^[12]对渗流-应力耦合分析在尾矿坝工程中的应用做了系统的研究; 郭娟^[13]研究了木梓沟尾矿堆积坝的渗流-应力耦合场的稳定性问题。

基于以上理论背景, 本文以野鸡尾尾矿坝为研究实例, 利用大型有限元软件ANSYS10.0, 对渗流-应力耦合的理论和实现方案、坝体稳定性以及不同的耦合模型对于稳定性的影响做了系统的研究。

* 收稿日期: 2011-05-13; 修回日期: 2011-11-05

作者简介: 周舒威(1987-), 男, 硕士研究生。主要从事岩土工程数值模拟研究。Email: zhoushuwei1016@126.com

通讯作者: 李庶林(1963-), 男, 教授。主要从事岩石力学、岩土工程、地下结构等方面的研究。Email: shulin.li@163.com

1 渗流-应力耦合基本原理

对于岩土体来说, 渗流场与应力场不是互相孤立的, 两者之间的相互影响以及相互作用是时刻存在的, 体现了两场之间的耦合关系。渗流场对应力场的影响主要通过水压力体现, 但由上、下游水头差形成的水压力并不直接以外荷载的形式作用于土体, 而是通过透水介质以渗透体积力的形式发生作用, 使应力场和位移场发生变化(文献[12])。

另外, 岩土体多孔介质的渗透系数与其孔隙的多少和大小有很大关系。当应力场引起位移场变化时, 土体介质的孔隙率将发生变化并引起介质渗透性能的改变, 进而影响岩土介质的渗流场。因此, 渗透系数 k 是关于应力的函数 $k(\sigma_{ij})$ 。

关于应力场作用下渗透系数与初始系数的关系, 学者们采用了不同的关系式来表达(文献[8-11])。柳厚祥等(文献[10])通过对大量国内外尾矿坝勘察试验资料的归纳统计, 得到的尾矿渗透系数与应力场的关系为:

$$n = 0.38d_{50}^{0.095\exp(-0.00468\sigma)} \quad (1)$$

$$k = k_0 \times 10^{14} d_{50}^{6.0842} n^{37.0294 d_{50}^{0.1303}} \quad (2)$$

式中 n 为尾矿的孔隙率;

d_{50} 为尾矿的中值粒径;

σ 为尾矿的有效应力;

k_0 为尾矿的初始渗透系数。

王强等(文献[11])对于尾矿坝渗流-应力耦合的研究, 则基于以下关系式:

$$k = k_0 \exp[-\beta(\sigma - p)] \quad (3)$$

式中 σ 为尾矿的应力;

β 为经验系数, 参照文献[11], 本文取 $\beta = 3 \times 10^{-7}$ 。

而周建国等(文献[9])在研究中, 采用渗透系数与体积应变的关系作为应力-渗流的耦合桥梁:

$$k = k_0 \left[\frac{(n_0 + \epsilon)(1 - n_0)}{n_0(1 - n_0 - \epsilon)} \right]^3 \quad (4)$$

式中 n_0 为土体的孔隙率;

ϵ 为体积应变。

苗丽等(文献[8])给出了与文献[9]不同的渗透系数与体积应变的关系:

$$k = k_0 \exp \left[\alpha \frac{n_0 + \epsilon}{1 - n_0 - \epsilon} \right] \quad (5)$$

式中 α 为实验常数, 基于经验, 本文取 $\alpha = 4.0$ 。

渗流计算在 ANSYS 中的实现

1.1 渗流-应力耦合计算的实现

对于单独渗流场问题, 在 ANSYS 中, 是需要利用热分析模块, 并且不断调整边界条件以及利用“生死”单元技术进行不断迭代求解实现的(文献[1, 7])。

但对于双场耦合问题, 目前工程中有两类解法(文献[8])。一是将两场分开计算, 然后通过两场的交叉迭代达到耦合的目的, 即为间接耦合法(文献[8-11]); 二是建立以应力场和渗流场为未知值的数学模型, 通过求得此模型达到完全耦合的目的, 即为直接耦合法(文献[2])。

本文在 ANSYS10.0 中, 采用间接耦合法, 具体的实施方案参见文献[8]。在实施过程中, 适合本文计算的渗透力计算原则在下小节中详述。

渗透体积力的实现

在 ANSYS 中, 由于不能直接加载结构荷载计算中的体力荷载, 因而不能直接加载计算得到渗透体积力, 计算中, 可以以等效集中力的形式来体现渗透体积力的作用。以二维分析为例, 采用4节点等参单元, 对于每个单元有:

$$\begin{cases} F_x = -Y_w J_x \Delta e \\ F_y = -Y_w J_y \Delta e \end{cases} \quad (6)$$

式中 F_x 、 F_y 为单元内受到的单位体积力的合力;

Y_w 为水的重度;

Δe 为单元面积;

J_x 、 J_y 为单元内平均水头梯度, 按照下式进行计算:

$$\begin{cases} J_x = \frac{1}{4} \sum_{i=1}^4 \left(\frac{\partial h}{\partial x} \right)_i \\ J_y = \frac{1}{4} \sum_{i=1}^4 \left(\frac{\partial h}{\partial y} \right)_i \end{cases} \quad (7)$$

式中 $\left(\frac{\partial h}{\partial x} \right)_i$ 、 $\left(\frac{\partial h}{\partial y} \right)_i$ 分别代表 i 节点 x 、 y 方向的水头梯度, 在 ANSYS 中可以计算得到。

将单元内每个节点得到的节点力按照式(6)的结果按节点进行平均, 有

$$\begin{cases} F_{ix} = \frac{1}{4} F_x \\ F_{iy} = \frac{1}{4} F_y \end{cases} \quad (8)$$

式中 F_{ix} 、 F_{iy} 为第 i 节点分配到的节点力。

将每个单元对节点力的贡献进行叠加, 然后以集中力的形式作用于初始应力场, 从而在 ANSYS 中实现了渗流体积力的施加。

3 工程概况

湖南柿竹园有色金属有限责任公司野鸡尾尾矿坝位于郴州市苏仙区白露塘镇, 地处东波野鸡尾南部山区, 山势较陡, 沟谷较发育, 地形起伏较大, 地貌单元属岩溶低山沟谷地貌。

尾矿坝原设计服务年限为 13 年, 设计总库容为 $215 \times 10^4 \text{ m}^3$, 总有效库容为 $150 \times 10^4 \text{ m}^3$, 属于等库, 采用上游法尾矿堆坝, 最终尾矿堆积标高 512.5 m, 总坝高 42 m。

该尾矿坝曾在 1985 年 8 月 25 日因一日降雨量达 400 mm 的特大暴雨引起山洪爆发, 泥石流淤堵截洪沟进口, 洪水冲进库内以至漫顶垮坝。

2001 年, 新的野鸡尾尾矿坝在原有库址基础上进行重建, 初期坝坝体为碾压堆石透水坝, 以原有残留尾矿作加固处理后作为地基, 坝底标高 475.80 m, 坝顶标高 492 m, 坝高 16.20 m, 上游边坡为 1:1.75, 下游边坡为 1:2, 坝上游坡设反滤层。上、下游边坡采用干砌石护坡。后期仍采用上游法尾矿堆坝, 设计平均堆积坡度 1:3, 最终堆积标高 514 m, 总坝高 38.20 m, 总库容约 $124.9 \times 10^4 \text{ m}^3$, 有效库容 $84.0 \times 10^4 \text{ m}^3$, 设计服务年限 9 年。尾矿堆积坝还可继续上升至 516 m, 可新增有效库容 $12.4 \times 10^4 \text{ m}^3$, 可为该厂继续服务 1.3 年。

鉴于该尾矿坝在 1985 年曾因山洪爆发而造成人员财产损失, 虽然新建的尾矿坝目前运行较为正常, 但仍可能存在渗流失稳等安全隐患, 因此针对该尾矿坝进行稳定性研究, 对验证其工作性能以及灾害预防具有十分重要的意义。

4 计算模型

4.1 几何模型和计算参数

鉴于研究问题的复杂程度, 将上述计算原理简化成平面二维问题应用于野鸡尾尾矿坝稳定性研究。采用本工程中具有代表性的剖面建立模型, 并依据工程经验, 将尾矿堆积土概化分为尾粉土、尾粉质粘土和粉质粘土。初期坝为碾压堆石透水坝, 其物理力学性质没有经过测试, 本文按照经验选取。在 ANSYS 中, 将坐标原点设在初期坝坝脚以下 16.6 m 处。考虑应力及渗流分析的边界问题, 适当地增加研究的区域。最终建立起的几何模型如图 1 所示, 计算中采用的物理力学参数见表 1。

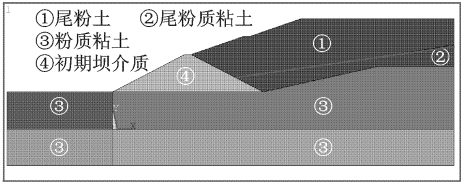


图1 野鸡尾尾矿坝几何模型

Fig. 1 Geometric model of Yejiwei Tailings Dam

4. 有限元模型

为了尽可能地划分较细网格, 而在迭代、耦合计算时又不致占用过多的计算时间, 本文采用的有限元网格如图 2 所示, 其中共含有 8490 个单元, 8714 个节点。

在渗流场的计算过程中, 采用了 Plane55 单元, 假设模型右方边界的头面离地表高度为 5 m, 右边水头边界取为水位最高点的 y 方向坐标; 其余的水头边界以及浸润线的计算, 按照前述原理进行迭代确定。

在应力场的计算过程中, 采用了 Plane42 单元, 对模型的左部边界和右部边界固定其 x 方向的位移, 对底部的边界固定 x 和 y 方向的位移, 其他做自

表1 野鸡尾尾矿坝物理力学参数

Table 1 Physical and mechanical parameters of Yejiwei Tailings Dam

尾矿介质	自然密度 $\rho / (\text{kg} \cdot \text{m}^{-3})$	饱和密度 $\rho_{\text{sat}} / (\text{kg} \cdot \text{m}^{-3})$	变形模量 E / MPa	泊松比 μ	粘聚力 c / kPa	内摩擦角 $\varphi / (^\circ)$	初始渗透系数 $k_0 / (\text{m} \cdot \text{s}^{-1})$	初始孔隙率 n_0
尾粉土	2100	2177	11.5	0.2	32	27.0	1.16×10^{-6}	0.43
尾粉质粘土	2090	2122	8.7	0.2	54.8	24.3	6.92×10^{-7}	0.45
粉质粘土	1890	1966	6.8	0.2	41.4	21.5	2.07×10^{-7}	0.46
初期坝介质	2500	2652	30	0.2	200	30	3×10^{-11}	0.38

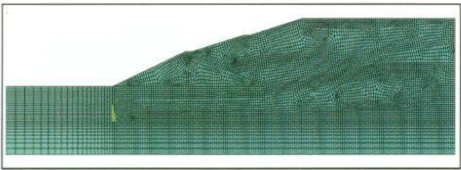


图2 野鸡尾尾矿坝有限元模型

Fig. 2 Finite element model of Yejiwei Tailings Dam

由面处理。在模型中, 除施加渗流力外, 还施加了重力荷载。

5 结果分析

本文采用式(4)作为桥梁, 对野鸡尾尾矿坝的稳定性进行分析。

5.1 渗流场

经过分析, 得到渗流场中的总水头分布, 如图3所示。将图3得到的总水头减去各点的位置水头, 得到的渗流场压力水头见图4。从该图中可以明显地看见渗流场的浸润线, 其结果与现场监测的结果较为接近, 验证了数值算法的可行性。

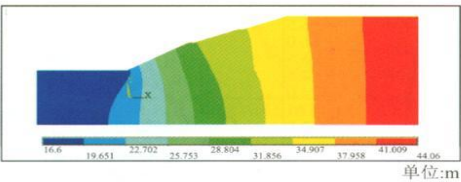


图3 渗流-应力耦合分析总水头

Fig. 3 Total water head of seepage-stress coupling analysis

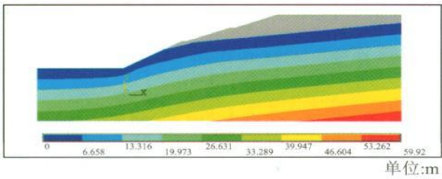


图4 渗流-应力耦合分析压力水头

Fig. 4 Pressure head of seepage-stress coupling analysis

由数值计算结果, 可以得到渗流场中整个模型的渗流速度及渗流水头梯度矢量图, 分别见图5和图6。从渗流速度图可以看出, 在尾矿坝初期坝坝底以及接近坝顶的地方将出现较大的水流速度, 说明了这两个地方的土容易遭受水体冲刷, 有渗流破坏的可能。另外, 渗流水头梯度矢量图显示这两处地方有较大的水头梯度, 也从侧面反映了渗透力的集中。

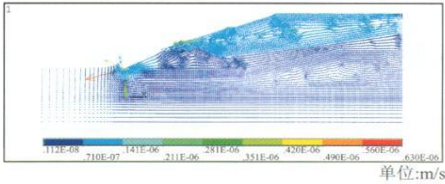


图5 渗流速度矢量图

Fig. 5 Seepage velocity vector

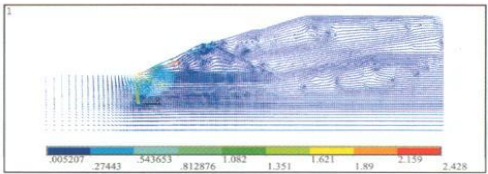


图6 渗流水头梯度矢量图

Fig. 6 Seepage head gradient vector

5. 应力场

图7给出了耦合分析得到的尾矿坝应力场的分布情况。从图中可以看出, 主应力分布较均匀, 但是在初期坝坝顶以及坝脚和坝底处出现应力集中, 此块区域的应力变化较为剧烈。尾矿坝受到的应力均为压应力, 最大的压应力为1.29 MPa。图7(c)的剪应力云图显示, 从水平向看, 剪应力距尾矿坝的距离越近, 剪应力越大; 从竖向看, 坝底区域剪应力随深度的增加而增加; 另外, 坝身右侧靠近坝脚区域出现了剪应力的集中。整个分析区域内, 剪应力的最大值达到了0.127 MPa。

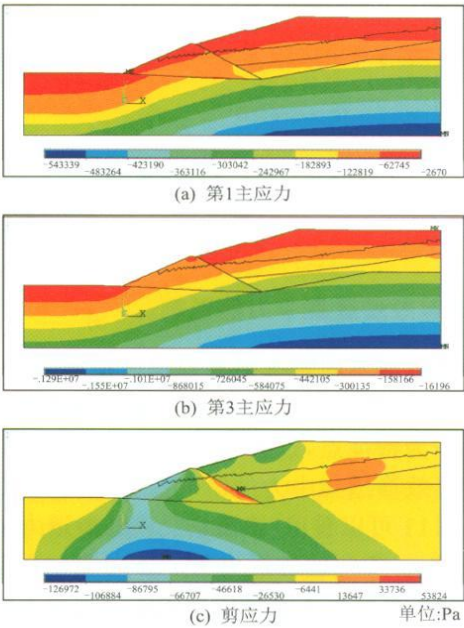


图7 渗流-应力耦合分析应力场

Fig. 7 Stress field of seepage-stress coupling analysis

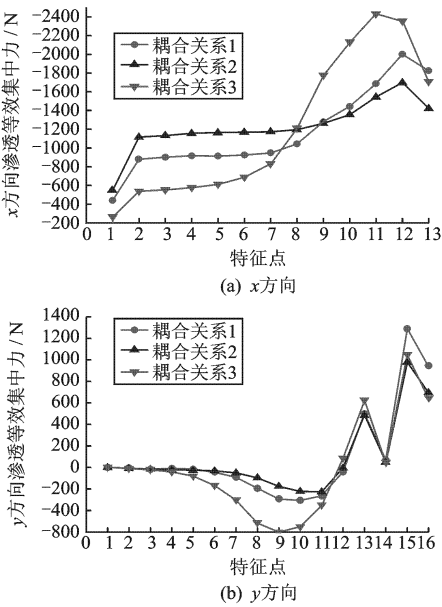


图 11 不同耦合模型对等效渗透集中力的影响
Fig. 11 The influence of different coupling models on equivalent concentrated forces of seepage

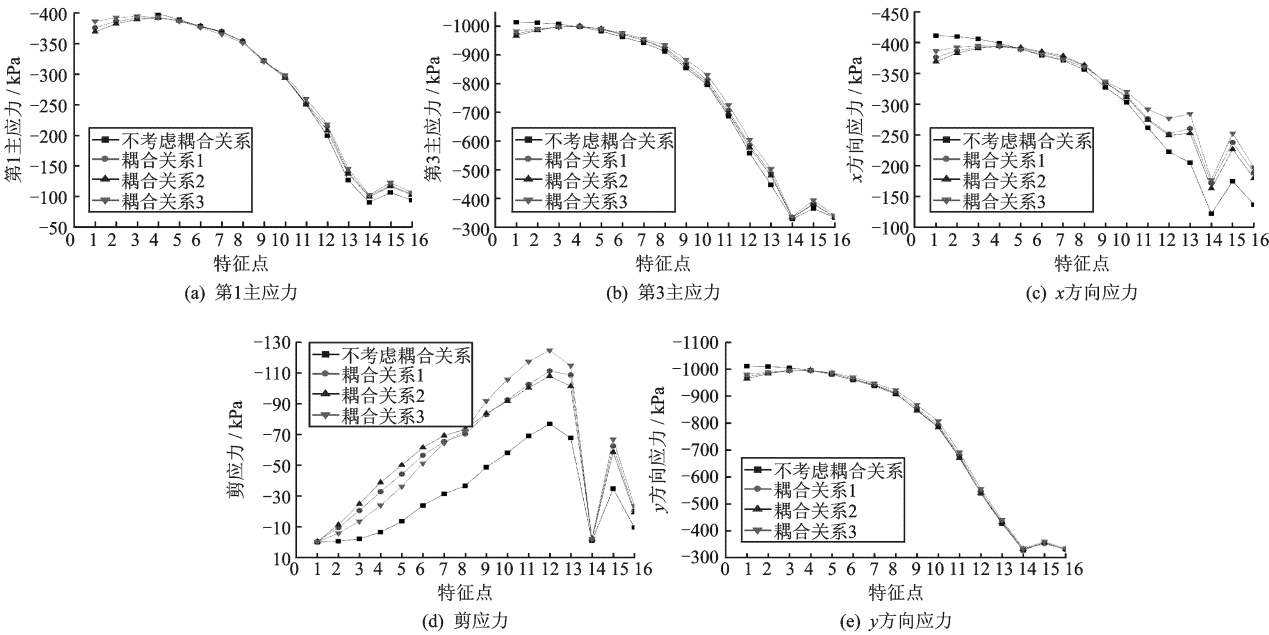


图 12 不同耦合模型对应力场的影响
Fig. 12 The influence of different coupling models on the stress field

7 结 论

基于渗流-应力耦合分析,对野鸡尾尾矿坝进行稳定性研究,结论如下:

(1) 从渗流场以及应力场的情况表明,尾矿坝在当前的水力条件下,稳定性良好。

系得到的第1主应力,基本上都比未考虑渗流-应力耦合分析得到的结果大,第1主应力最多可以增加15%;在所有的耦合结果中,耦合关系3最大,耦合关系2最小。

在图12(b, c, e)中,考虑渗流-应力耦合作用得到的第3主应力、 x 方向应力以及 y 方向应力,基本上比未考虑耦合作用得到的结果大,其中第3主应力最多可以增大12.4%,而 x 方向应力最多比未考虑耦合作用的结果增大44.9%, y 方向应力最多可以增加3.2%;同第1主应力的规律一致,在所有的耦合结果中,基本上耦合关系3得到的第3主应力、 x 方向应力以及 y 方向应力最大,而耦合关系2最小。

在图12(d)中,考虑不同耦合关系对于特征点剪应力影响的,结果显示,考虑耦合作用得到的剪应力,比不考虑耦合作用的结果扩大了很多,最多增大了21.4倍,而最少的也增大了40.5%。

(2) 尾矿坝初期坝坝底以及近坝顶的渗流速度大,水头梯度大,造成了渗透力的集中。

(3) 初期坝坝顶、坝脚以及坝底出现主应力集中,而坝身右侧近坝底区域剪应力集中。

(4) 不同的渗流-应力耦合关系对于渗流量的影响较大。坝体主要受 x 方向的渗透力, y 方向的渗透力相对较小。

(5) 考虑耦合关系与未考虑耦合关系, 对于 x 方向位移的预测影响巨大, 考虑耦合关系得到的剪应力比不考虑耦合关系计算得到的结果大得多。

(6) 考虑耦合关系计算得到的竖向位移、主应力、 x 方向应力以及 y 方向应力, 基本上比未考虑耦合关系得到的结果大。在研究的耦合模型中, 耦合关系3得到的结果最大, 而耦合关系2得到的结果最小。

参考文献:

- [1] 章广成, 唐辉明, 胡斌. 非饱和渗流对滑坡稳定性的影响研究[J]. 岩土力学, 2007, 28(5): 65-70.
Zhang G Ch, Tang H M, Hu B. Study of influence of unsaturated seepage on stability of landslide[J]. Rock and Soil Mechanics, 2007, 28(5): 65-70.
- [2] 李筱艳. 基于位移反分析的深基坑渗流场与应力场的完全耦合分析[J]. 岩石力学与工程学报, 2004, 23(8): 1269-1274.
Li X Y. Fully coupling analysis of seepage and stress for deep foundation pit based on displacement back analysis[J]. Chinese Journal of Rock Mechanics and Engineering, 2004, 23(8): 1269-1274.
- [3] 纪佑军, 刘建军, 薛强. 基坑开挖中渗流-应力耦合模拟[J]. 岩土力学, 2007, 28(增): 630-634.
Ji Y J, Liu J J, Xue Q. Numerical simulation of seepage-stress interaction during foundation ditch excavation[J]. Rock and Soil Mechanics, 2007, 28(S): 630-634.
- [4] 谢兼量. 考虑渗流应力耦合的边坡稳定性分析[D]. 南京: 河海大学, 2007.
Xie J L. Analysis of slope stability considering the coupling seepage and stress [D]. Nanjing: Hohai University, 2007.
- [5] 贾善坡, 陈卫忠, 于洪丹, 等. 泥岩隧道施工过程中渗流场与应力场全耦合损伤模型研究[J]. 岩土力学, 2009, 30(1): 19-26.
Jia Sh P, Chen W Zh, Yu H D, et al. Research on seepage-stress coupling damage model of Boom clay during tunneling[J]. Rock and Soil Mechanics, 2009, 30(1): 19-26.
- [6] 张巍, 肖明, 范国邦. 大型地下洞室群围岩应力-损伤-渗流应力耦合分析[J]. 岩土力学, 2008, 29(7): 1813-1818.
Zhang W, Xiao M, Fan G B. Stress-damage-seepage coupling analysis of surrounding rock of large-scale underground caverns[J]. Rock and Soil Mechanics, 2008, 29(7): 1813-1818.
- [7] 张媛媛. ANSYS 在土坝渗流场和应力场及其耦合分析中的应用研究[D]. 南京: 河海大学, 2006.
Zhang Y Y. The application and study of ANSYS on seepage field, stress field and coupling analysis for earth dam[D]. Nanjing: Hohai University, 2006.
- [8] 苗丽, 郭雪莽, 王复明. 基于应力场与渗流场耦合的土坝稳定性分析[J]. 人民黄河, 2007, 29(9): 75-77.
Miao L, Guo X M, Wang F M. Stability analysis of earth dam based on coupling of stress and seepage field[J]. Yellow River, 2007, 29(9): 75-77.
- [9] 周建国, 李森, 郭雪莽. 东湖水库非均质土坝渗流场与应力场耦合分析[J]. 水利电力机械, 2007, 29(3): 28-30.
Zhou J G, Li M, Guo X M. The coupling analysis of seepage field and stress field of the non-uniform earth dam in Donghu Reservoir[J]. Water Conservancy and Electric Power Machinery, 2007, 29(3): 28-30.
- [10] 柳厚祥, 李宁, 廖雪, 等. 考虑应力场与渗流场耦合的尾矿坝非稳定渗流分析[J]. 岩石力学与工程学报, 2004, 23(17): 2870-2875.
Liu H X, Li N, Liao X, et al. Unsteady seepage analysis of tailing dams considering coupling of stress and seepage fields[J]. Chinese Journal of Rock Mechanics and Engineering, 2004, 23(17): 2870-2875.
- [11] 王强, 鲁柄强, 王水平, 等. 尾矿坝渗流-应力耦合场的有限元分析[J]. 现代矿业, 2010, (3): 74-77.
Wang Q, Lu B Q, Wang Sh P, et al. Finite element analysis on seepage and stress coupled field of tailing dam[J]. Modern Mining, 2010, (3): 74-77.
- [12] 杨永恒. 渗流场与应力场的耦合分析及其在尾矿坝工程中的应用[D]. 西安: 西安理工大学, 2006.
Yang Y H. The model of coupled seepage and stress fields and its application in tailing dam engineering [D]. Xi'an: Xi'an University of Technology, 2006.
- [13] 郭娟. 木梓沟尾矿堆积坝的物理力学特性及坝体渗流场与应力场耦合分析[D]. 西安: 西安理工大学, 2009.
Guo J. The research on physical and mechanical properties and analysis of coupling seepage field to stress field for Muzigou Tailings Dam [D]. Xi'an: Xi'an University of Technology, 2009.

Stability Study for Yejiwei Tailings Dam Based on Coupling Analysis of Seepage-stress

ZHOU Shu-wei¹, LI Shu-lin¹, LI Qing-shi¹, CHEN Ji-jing²

(1. School of Architecture and Civil Engineering, Xiamen University, Xiamen 361005, China;

2. Hunan Shizhuyuan Nonferrous Metals Co., Ltd, Chenzhou 423037, China)

Abstract: Based on the coupling mechanism of seepage field and stress field, the stability study of Yejiwei Tailings Dam in Shizhuyuan is carried out. Firstly, the coupling effect of the seepage and stress is studied. Then the calculation schemes about the analysis on the coupling of seepage and stress as well as the body forces of seepage are proposed sequentially. A two-dimensional calculation model for seepage-stress coupling analysis is established. The seepage field, displacement field, stress field and yield zone are analyzed using the proposed model; the influence of various coupling relationships on the seepage and displacement field, equivalent concentrated forces of seepage and vertical displacement is studied ultimately. The results show that the tailings dam is stable under the current hydraulic conditions; the vertical displacement is the dominating component, and the observed dam suffers mostly from the horizontal seepage forces; stress concentration occurs at the top, the bottom and the foot of the dam; the coupling effect of seepage-stress can't be ignored because the predicted seepage forces and horizontal displacement changes greatly in different coupling models and the principle stresses, shear stresses and vertical displacement are larger than those obtained in the uncoupled calculation model.

Key words: tailings dam; seepage-stress coupling analysis; FEM

(上接第493页)

Experimental Study on Long-time Deformation of Rockfill under Wetting-drying Cycle Effect

WANG Hai-jun¹, YIN Zong-ze²

(1. Jiangsu Province Water Conservation Survey Design and Research Institute Co. Ltd Yangzhou 225009, China;

2. Geotechnical Research Institute of Hohai University, Nanjing 210098, China)

Abstract: Creep deformation of rockfill has relations with not only load but also wetting-drying cycle, which is caused by solarization and rainfall. Test was taken to simulate the wetting-drying cycle effect caused by solarization and rainfall in laboratory, which is done to study the influence of wetting-drying cycle on rockfill longtime deformation. Test result shows that deformation caused by load function tends to be stable quickly and occupies only a small part in total creep deformation, while the creep deformation caused by wetting-drying cycle is huge and long-time developing with cycles. It takes about 50% ~ 70% in total creep deformation, and has relations with stress. So it has major impact on dam's stability and safety. According to the analysis of wetting-drying cycle creep principle, numerical model is put forward to calculate the deformation by wetting-drying cycles, and it can be applied in finite element analysis.

Key words: rockfill material; long-time deformation; earth-rock fill dam; wetting-drying cycle